

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-252897

(43)Date of publication of application : 18.09.2001

(51)Int.Cl.

B81B 1/00

B81C 1/00

G01N 33/48

G01N 35/08

(21)Application number : 2000-066819

(71)Applicant : RITSUMEIKAN

(22)Date of filing : 10.03.2000

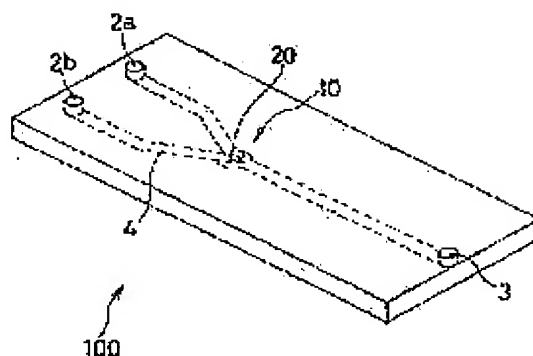
(72)Inventor : UKITA HIROO  
TABATA OSAMU  
OGAMI YOSHIFUMI  
KONISHI SATOSHI

## (54) MICROANALYSIS CHIP, AND METHOD OF MANUFACTURING THE SAME

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a means for efficiently mixing and agitating a sample liquid with a reagent liquid in microchemical analysis using a microanalysis chip.

**SOLUTION:** This microanalysis chip 100 has inflow ports 2a, 2b for injecting the sample liquid and the reagent liquid, and an outflow port 3 for discharging a reaction liquid comprising the sample liquid and the reagent liquid recessed on the upper surface side of a flat rectangular plate, micro-flow passages 4 for flow of the sample liquid or the reagent liquid are provided to correspond to the respective inflow ports 2a, 2b to be combined with each other at a mixing part 10, and then introduced to the outflow port 3, and a light pressure mixer 20 rotated by driving force of light pressure generated by irradiation of light is disposed at the mixing part 10.



- 100 マイクロ分析チップ  
10 混合部  
2a、2b 流入口  
20 光圧ミキサー  
3 流出口  
4 微小流路

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2001-252897  
(P2001-252897A)

(43) 公開日 平成13年9月18日 (2001.9.18)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テームコード* (参考)
B 8 1 B 1/00		B 8 1 B 1/00	2 G 0 4 5
B 8 1 C 1/00		B 8 1 C 1/00	2 G 0 5 8
G 0 1 N 33/48		G 0 1 N 33/48	Z
35/08		35/08	A

審査請求 有 請求項の数 6 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2000-66819(P2000-66819)

(22) 出願日 平成12年3月10日 (2000.3.10)

(71) 出願人 593006630  
学校法人立命館  
京都府京都市北区等持院北町56番地の1  
(72) 発明者 浮田 宏生  
滋賀県草津市野路東1-1-1 立命館大  
学 びわこ・くさつキャンパス 理工学部  
内  
(72) 発明者 田畑 修  
滋賀県草津市野路東1-1-1 立命館大  
学 びわこ・くさつキャンパス 理工学部  
内  
(74) 代理人 100080182  
弁理士 渡辺 三彦

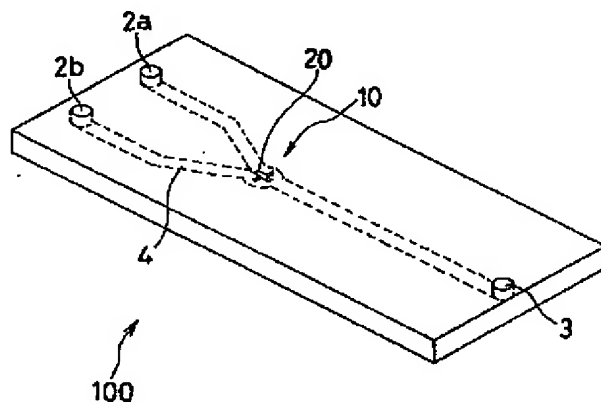
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 マイクロ分析チップ、及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 マイクロ分析チップを用いた微量化学分析において、サンプル液と試薬液とを効率よく混合攪拌する手段を提供する。

【解決手段】 本マイクロ分析チップ100は、矩形の平板の上面側に、サンプル液又は試薬液を注入するための流入口2a、2bと、サンプル液と試薬液との反応液を排出する流出口3とが凹欠され、該平板の内部に、サンプル液又は試薬液が流通するための微小流路4が各流入口2a、2bに対応して設けられ、かつ、混合部10において合流した後、流出口3へ導通され、混合部10に、光照射により生ずる光圧を駆動力として回転する光圧ミキサ20が配設されたものである。



- 100 マイクロ分析チップ
- 10 混合部
- 2a、2b 流入口
- 20 光圧ミキサ
- 3 流出口
- 4 微小流路

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 サンプル液又は試薬液を注入するための少なくとも二以上の流入口と、サンプル液と試薬液との反応液を排出する流出口と、前記各流入口に対応して設けられ、混合部において合流した後、流出口へ導通する微小流路とを備えてなるマイクロ分析チップにおいて、前記混合部に、光照射により生ずる光圧を駆動力として回転する光圧ミキサが配設されたことを特徴とするマイクロ分析チップ。

【請求項2】 前記光圧ミキサは、マイクロ分析チップの基板上に積層された光透過性を有する層において、前記微小流路及び混合部とともに形成されたものであることを特徴とする請求項1に記載のマイクロ分析チップ。

【請求項3】 前記光圧ミキサは、その幅寸法が前記微小流路の幅寸法より大きいものであることを特徴とする請求項1に記載のマイクロ分析チップ。

【請求項4】 前記混合部に、前記光圧ミキサを格納するための格納部が設けられたことを特徴とする請求項1に記載のマイクロ分析チップ。

【請求項5】 前記混合部に出入する各微小流路の出入口に、サンプル液及び試薬液を透過し、かつ、前記光圧ミキサを通過させないフィルタが設けられたことを特徴とする請求項1に記載のマイクロ分析チップ。

【請求項6】 基板上に犠牲層を積層した後、フォトリソグラフィにより、混合部が形成される位置に転写された光圧ミキサの形状と略同形の部分以外の犠牲層をエッチングして除去する第1の工程と、

前記光圧ミキサと略同形の犠牲層が形成された基板上に、光透過性を有する感光層を積層した後、微小流路、混合部、及び光圧ミキサの形状をパターンニングした第1のマスクを通してX線又は紫外線を照射することにより、該感光層に微小流路、混合部、及び光圧ミキサの形状を転写し、微小流路及び混合部となる部分の感光層のみをエッチングして除去する第2の工程と、感光性を有するカバーの下面に、微小流路及び混合部の形状をパターンニングした第2のマスクを通してX線又は紫外線を照射することにより、該下面に微小流路及び混合部の形状を転写し、微小流路及び混合部となる部分をエッチングして除去するとともに、カバーを穿通する流入口及び流出口を形成し、該カバーの下面と前記基板の感光層の上面とを、両者に形成された微小流路及び混合部の形状が一致するように接着する第3の工程と、前記流入口又は流出口からエッチングガス又はエッチング液を注入し、前記犠牲層をエッチングして除去する第4の工程とを有することを特徴とする請求項1に記載のマイクロ分析チップの製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、生体物質や、自然環境における物質等の微量化学分析に用いられるマイク

ロ分析チップに関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 生体物質や、自然環境における物質等の微量化学分析において、図14、及び図14のA-A断面を表す図15に示すようなマイクロ分析チップ1が用いられることがある。該マイクロ分析チップ1は、矩形のガラス板の上面側に、サンプル液又は試薬液を注入するための流入口2a、2bと、サンプル液と試薬液との反応液を排出する流出口3とが凹欠され、該ガラス板の内部に、サンプル液又は試薬液が流通するための微小流路4が各流入口2a、2bに対応して設けられ、かつ、混合部5において合流した後、流出口へ導通されたものである。マイクロ分析チップ1を用いた微量化学分析は、流入口2aにサンプル液、流入口2bに試薬液をピペット等を用いて直接注入するとともに、流出口3側から微小流路4内が引圧となるように減圧すると、サンプル液及び試薬液は、微小流路4を流通して混合部5において混合されて反応し、該反応液が流出口3から排出される。この途中、混合部5から流出口3までの間の微小流路4において（以下、「検査領域6」と呼ぶ。）、該反応液の吸光度や蛍光度を測定して、検出すべき物質の有無の判定や、予め作成した検量線に基づく濃度換算を行う。

【0003】 しかし、混合部5における微小流路4の幅や高さは100マイクロメートル程度であるため、サンプル液及び試薬液の流れのレイノルズ数は小さく、該流れは、サンプル液及び試薬液の流体粒子が互に入り混じることなく層状をなして流れる層流となる。したがって、混合部5では、サンプル液及び試薬液の二液が接する界面における各流体粒子の拡散による混合しか生じないため、サンプル液と試薬液との反応速度が遅くなるという欠点があった。

【0004】 前記反応速度は、一般に、サンプル液及び試薬液を攪拌すれば速くなると考えられ、そのような攪拌装置としては、回転磁界によりマグネットの回転素子を回転させる方式のものが用いられているが、マイクロ分析チップ1のような超小型のものに対しては、寸法上の制約から、前記のような攪拌装置を使用することができない。このため、マイクロマシンングを利用した微小流路における混合攪拌機構が考案されており、その例として以下のようなものがある。

【0005】 図16、及び図16のB-B断面を示す図17は、前記混合部5に設けられたノズルタイプの混合攪拌機構50を示すものであり、混合部5が複数の孔が形成された隔壁51により上下二段に分割されており、サンプル液が上段に、試薬液が下段に流入して、これらの反応液が上段から流出する構成となっている。これにより、下段に流入した試薬液は、図17に矢印で示すように、隔壁51の孔から上段に噴出することとなる。したがって、サンプル液中を試薬液が多層をなして流れる

こととなり、サンプル液及び試薬液の二液が接する界面面積が増加するとともに、流体粒子の拡散距離が短くなって混合が促進される。

【0006】また、図18は、前記混合部の下面にシリコンからなるダイアフラム（薄層）53を形成するとともに、該ダイアフラム53の下部にPZT54等の圧電素子を密着させてなる混合攪拌機構52の断面を示すものであり、PZT54にパルス電圧を印可して振動を発生させ、該振動をダイアフラム53を介してサンプル液及び試薬液に伝導することにより、サンプル液と試薬液との混合を促進する。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかし、前記ノズルタイプの混合攪拌機構50は、サンプル液と試薬液との混合を促進することができるといえども、依然、二液の界面による流体粒子の拡散により、いわば受動的に二液の混合を行うものであり、その混合効率には限界があり、マイクロ分析チップを用いた微量化学分析において十分な効果を得られるものではない。一方、PZTを用いた混合攪拌機構52は、PZT54が発する振動をダイアフラム53を介してサンプル液及び試薬液に伝達することにより、能動的に二液を混合するものであるが、該二液を直接攪拌するものではないため、やはり、その混合効率には限界があり、マイクロ分析チップを用いた微量化学分析において十分な効果を得られるものではない。本発明は、これらの点に鑑みてなされたものであり、マイクロ分析チップを用いた微量化学分析において、サンプル液と試薬液とを効率よく混合攪拌する手段を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】前記目的を達成するためになされた本発明の請求項1に係るマイクロ分析チップは、サンプル液又は試薬液を注入するための少なくとも二以上の流入口と、サンプル液と試薬液との反応液を排出する流出口と、前記各流入口に対応して設けられ、混合部において合流した後、流出口へ導通する微小流路とを備えてなるマイクロ分析チップにおいて、前記混合部に、光照射により生ずる光圧を駆動力として回転する光圧ミキサが配設されたものである。これにより、レーザ光等が照射された光圧ミキサは、混合部において回転し、サンプル液及び試薬液に対流を誘起して、二液を能動的かつ直接に混合攪拌する。

【0009】また、本発明の請求項2に係るマイクロ分析チップは、請求項1に記載のマイクロ分析チップにおいて、前記光圧ミキサは、マイクロ分析チップの基板上に積層された光透過性を有する層において、前記微小流路及び混合部とともに形成されたものである。

【0010】また、本発明の請求項3に係るマイクロ分析チップは、請求項1に記載のマイクロ分析チップにおいて、前記光圧ミキサは、その幅寸法が前記微小流路の

幅寸法より大きいものである。

【0011】また、本発明の請求項4に係るマイクロ分析チップは、請求項1に記載のマイクロ分析チップにおいて、前記混合部に、前記光圧ミキサを格納するための格納部が設けられたものである。

【0012】また、本発明の請求項5に係るマイクロ分析チップは、請求項1に記載のマイクロ分析チップにおいて、前記混合部に出入する各微小流路の出入口に、サンプル液及び試薬液を透過するフィルタが設けられたものである。

【0013】また、本発明の請求項6に係る請求項1に記載のマイクロ分析チップの製造方法は、基板上に犠牲層を積層した後、フォトリソグラフィにより、混合部が形成される位置に転写された光圧ミキサの形状と略同形の部分以外の犠牲層をエッチングして除去する第1の工程と、前記光圧ミキサと略同形の犠牲層が形成された基板上に、光透過性を有する感光層を積層した後、微小流路、混合部、及び光圧ミキサの形状をパターンニングした第1のマスクを通してX線又は紫外線を照射することにより、該感光層に微小流路、混合部、及び光圧ミキサの形状を転写し、微小流路及び混合部となる部分の感光層のみをエッチングして除去する第2の工程と、感光性を有するカバーの下面に、微小流路及び混合部の形状をパターンニングした第2のマスクを通してX線又は紫外線を照射することにより、該下面に微小流路及び混合部の形状を転写し、微小流路及び混合部となる部分をエッチングして除去するとともに、カバーを穿通する流入口及び流出口を形成し、該カバーの下面と前記基板の感光層の上面とを、両者に形成された微小流路及び混合部の形状が一致するように接着する第3の工程と、前記流入口又は流出口からエッチングガス又はエッチング液を注入し、前記犠牲層をエッチングして除去する第4の工程とを有するものである。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面に基づき具体的に説明する。図1は、本発明の実施の形態に係るマイクロ分析チップ100の構成を示す概略斜視図である。本マイクロ分析チップ100は、矩形の平板の上面に、サンプル液又は試薬液を注入するための流入口2a、2bと、サンプル液と試薬液との反応液を排出する流出口3とが凹欠され、該平板の内部に、サンプル液又は試薬液が流通するための微小流路4が各流入口2a、2bに対応して設けられ、かつ、混合部10において合流した後、流出口3へ導通され、混合部10に、光照射により生ずる光圧を駆動力として回転する光圧ミキサ20が配設されたものである。

【0015】図2は、前記混合部10の詳細な構成を示す平面図であるが、図に示すように、混合部10は、光圧ミキサ20が回転するに十分なスペースを有するもので、混合部10の一方に、流入口2a及び流入口2bが

らの微小流路4が、サンプル液及び試薬液が混合部に流入するよう設けられるとともに、その他方に、流出口3へ導通する微小流路4が、サンプル液と試薬液との反応液が混合部10から流出するよう設けられている。ここで、混合部10に出入する各微小流路4の幅W1は、光圧ミキサ20の幅W2より小さいものとなるように微小流路4又は光圧ミキサ20が形成されているため、混合部10に配設された光圧ミキサ20が微小流路4から反応液とともに流出することはない。

【0016】図3は、光圧ミキサ20の形状を説明するための概略斜視図であり、図に示すように、光圧ミキサ20は、上面及び下面が平面で構成された一定の厚さのものであり、互いに直交する水平四方向に突出部21が形成された横断面形状が略十字状のものであり、光圧により生ずる駆動力が相殺されてなくならないように、光圧ミキサ20を、その回転軸Oを含む面で左右に分割した場合に、左右に位置する各突出部21の形状が非対称となるように形成されている。該各突出部21の先端側面21aは、その面上のいずれに位置においても光圧ミキサ20の回転軸線Oから概ね一定距離となるように、該突出部21が突出する方向と交わる斜め方向に形成されている。

【0017】以下、本マイクロ分析チップ100の製造方法について、図4から図8を用いて説明する。本マイクロ分析チップ100の製造方法は、基板30上にシリコンからなる犠牲層31を積層した後、フォトリソグラフィにより、犠牲層31に、混合部10が形成される位置に転写された光圧ミキサ20の形状と略同形の形状を転写して、その部分以外の犠牲層31をエッチングして除去する第1の工程と、光圧ミキサ20と略同形状の犠牲層31が形成された基板30上に、ポリメチルメタクリレートからなる感光層33を積層した後、微小流路4、混合部10、及び光圧ミキサ20の形状をパターンニングした第1のマスキング34を通してX線を照射することにより、該感光層33に微小流路4、混合部10、及び光圧ミキサ20の形状を転写し、微小流路4及び混合部10となる部分の感光層33のみをエッチングして除去する第2の工程と、ポリメチルメタクリレートからなるカバー35に、微小流路4及び混合部10の形状をパターンニングした第2のマスキング36を通してX線を照射することにより、該カバー35に微小流路4及び混合部10の形状を転写し、微小流路4及び混合部10となる部分をエッチングして除去するとともに、カバー35を穿通する流入口2a、2b及び流出口3を形成し、該カバー35の下面と前記基板30上に積層された感光層33の上面とを、両者に形成された微小流路4及び混合部10の形状が一致するように接着する第3の工程と、前記流入口2a、2b又は流出口3からエッチングガスを注入し、前記犠牲層31をエッチングして除去する第4の工程とからなるものである。

【0018】図4は、本製造方法の第1の工程を示すものであるが、図に示すように、第1の工程では、まず、厚さ約800マイクロメートルのポリメチルメタクリレート製の矩形平板状の基板30上に、厚さ1マイクロメートルのシリコンからなる犠牲層31を真空蒸着法により積層する(S1)。つぎに、フォトリソグラフィにより、犠牲層31に、混合部10に形成される光圧ミキサ20と略同形の形状が転写されたレジスト32を形成した後、該レジスト32をエッチングマスクとして、光圧ミキサ20と略同形の部分以外の犠牲層31をエッチングにより除去する(S2)。エッチングは、ドライエッチング又はウェットエッチングのいずれを用いてもよいが、微細加工であるため、ドライエッチングが適している。犠牲層31のエッチング終了後、レジスト32も除去する(S3)。

【0019】図5は、本製造方法の第2工程を示すものであるが、図に示すように、第2の工程では、まず、前記第1工程で得られた基板30上に、厚さ50マイクロメートルのポリメチルメタクリレートからなる感光層33を、スピコート法により積層する(S4)。スピコート法以外に、例えば、一定の厚さのポリメチルメタクリレート層を熱圧着、又は接着剤を用いた接着などの手法を用いてもよい。

【0020】つぎに、該感光層33に、微小流路4、混合部10、及び光圧ミキサ20の形状をパターンニングした第1のマスキング34を通してX線を照射して、該感光層33に微小流路4、混合部10、及び光圧ミキサ20の形状を転写する(S5)。X線露光を受けたポリメチルメタクリレートは、その分子鎖が切断されて分子量が減少し、現像液に可溶となる。なお、露光すべきポリメチルメタクリレートの厚さによっては、X線に代えて紫外線を用いることもできる。なお、図5は、混合部10の中央付近に光圧ミキサ20が形成される場合を示している。

【0021】第1のマスキング34は、X線を透過するサポートメンブレン34aに、微小流路4、混合部10、及び光圧ミキサ20の形状がパターンニングされたX線を吸収する吸収膜34bが密着されてなるものであり、例えば、サポートメンブレン34aに厚さ75マイクロメートルのポリイミド樹脂を、吸収膜34bに厚さ14マイクロメートルの銅と厚さ3マイクロメートルのニッケルの積層膜を用いて、第1のマスキング34を構成することができる。

【0022】形成すべき微小流路4等の加工深さは、X線の照射エネルギー(ビーム電流(アンペア)と照射時間(分)との積、以下「Amin」と呼ぶ。)によって制御できる。X線の照射エネルギーと加工深さとの関係を測定した一例を図6に示す。図に示すように、ポリメチルメタクリレートからなる感光層33の加工には、少なくとも0.4Amin以上の照射エネルギーが必要であり、例

例えば、50マイクロメートルの加工深さの微小流路4を形成するには、0.8Aminから0.9Amin程度の照射エネルギーが必要である。このようにして、犠牲層31が存在する深さまで感光層33を露光するために必要なX線を照射エネルギーを算出して、感光層33にX線を照射する。

【0023】つぎに、X線露光を受けたポリメチルメタクリレートを現像液に溶解して取り除く(S6)。使用する現像液は、例えば、2-2-ブトキシエタノールを60%、モルホリンを20%、純水を15%、2-アミノエタノールを5%の組成からなるものである。該現像液に、露光後の基板30を浸し、スターラーで攪拌しながら、38℃、2時間反応させる。反応後、停止液と、38℃、20分間反応させ、その後、純水で10分間洗浄する。なお、停止液は、2-2-ブトキシエタノールを80%、純水を20%の組成からなるものを用いる。

【0024】図7は、本製造方法の第3の工程を示すものであるが、図に示すように、第3の工程では、基板30と同形の矩形である平板状のポリメチルメタクリレート製のカバー35の下面に、前記第2の工程と同様の方法により、微小流路4及び混合部10の形状をパターンニングした第2のマスク36を通してX線を照射することにより、カバー35の下面に微小流路4及び混合部10の形状を転写する(S7)。第2のマスク36には、前記第1のマスク34にパターンニングされた微小流路4及び混合部10と同一の形状がパターンニングされているが、光圧ミキサ20の形状はパターンニングされていない。また、カバー35下面の加工深さは、数マイクロメートル程度でよい。その後、前記と同様に、露光されたポリメチルメタクリレートを現像して溶解し、さらに、カバー35の長手方向の両端に、流入口2a、2b及び流出口3となる穿通孔を形成する(S8)。なお、図7においては、便宜上、流入口2a、2bを省略して流出口3のみを点線で示した。

【0025】流入口2a、2b及び流出口3が形成されたカバー35を、基板30上に、カバー35下面に形成された微小流路4及び混合部10の形状と、基板30上に形成された微小流路4及び混合部10の形状とが一致するように密着して固定する(S9)。固定にはUV接着剤、例えばスリーボンド-3042を用い、該UV接着剤をカバー35の下面にスピンコート法によって塗布し、基板30とカバー35とを密着させた後、紫外線を照射して接着する。なお、カバー35には、ポリメチルメタクリレート製のものの代わりに、ガラス製のもの、例えば、顕微鏡用カバーガラスを用いてもよい。

【0026】図8は、本製造方法の第4工程を示すものであるが、図に示すように、第4工程では、流入口2a、2b又は流出口3からシリコンのエッチングガスを注入し(S10)、前記犠牲層31をエッチングして除

去する(S11)。これにより、光圧ミキサ20は、基板30から剥離され、光圧により回転可能なものとなる。エッチングガスとして、例えば、フッ化キセノンガスを用いることができる。フッ化キセノンガスはポリメチルメタクリレートにダメージを与えることなくシリコン犠牲層のみをエッチング除去することが可能なものである。

【0027】なお、エッチングガスを用いたドライエッチングに代えて、適当なエッチング液を用いてシリコンをエッチング除去するウェットエッチングを用いてもよい。また、本実施の形態に係るマイクロ分析チップ100の製造方法では、シリコンからなる犠牲層31を用いたが、シリコンの代わりに、水溶性ポリマや金等の薄膜を犠牲層として用いることとしてもよい。その場合、エッチング液として、水や水酸化カリウム液等を用いる。

【0028】以下、本実施の形態に係るマイクロ分析チップ100の使用方法について説明する。本マイクロ分析チップ100を用いた微量化学分析は、流入口2aにサンプル液、流入口2bに試薬液をピペット等を用いて直接注入するとともに、シリンジポンプ等により流出口3側から微小流路4内が引圧となるように減圧すると、サンプル液及び試薬液は、微小流路4を流通して混合部10において混合されて反応し、該反応液が流出口3から排出される。この途中、混合部10から流出口3までの間の微小流路4において該反応液の吸光度や蛍光度を測定して、検出すべき物質の有無の判定や、予め作成した検量線に基づく濃度換算を行う点については従来と同様である。本マイクロ分析チップ100の特徴は、混合部10に光圧を駆動力として回転する光圧ミキサ20が配設され、レーザ光等の光を光圧ミキサ20に照射することにより光圧ミキサ20を回転させて、サンプル液と試薬液とを直接混合攪拌する点にある。

【0029】ここで、光圧ミキサ20の回転原理について、図9及び図10を用いて説明する。図9は、光圧ミキサ20の図3におけるC-C断面を示す断面図であり、図に矢印で示すように、光圧ミキサ20の上方からレーザ光LBが照射され、該レーザ光LBはレンズ22により光圧ミキサ20の回転軸O近傍に集光されている。レーザ光LB照射により発生する光圧は、レーザ光LBが光圧ミキサ20の表面で屈折する際の運動量変化が、光透過性を有する光圧ミキサ20への力学的な運動量として伝達された結果、その表面に対して垂直方向に発生するものである。したがって、レーザ光LBが光圧ミキサ20に入射する際には、光圧ミキサ20には、その屈折率 $n_1$ が周囲の液体の屈折率 $n_2$ より大きい場合には光強度が最大である位置に引き寄せられる力、すなわち、上方へトラップ(捕捉)される力が作用し、逆に、前記液体の屈折率 $n_2$ より小さい場合には下方へ押し退けられる力が作用する。本実施の形態では、光圧ミキサ20の屈折率 $n_1$ が周囲の液体の屈折率 $n_2$ より大

きいので、光圧ミキサ 20 の上面には上方向へトラップされる力  $f_1$  が作用する。

【0030】一方、光圧ミキサ 20 に照射されたレーザ光  $L_B$  は、光圧ミキサに入射した後、その内部を透過して、その側面等から外部に出射する。ここで、互いに直交する水平四方向に突出部 21 が形成された光圧ミキサ 20 の一の突出部 21 の各側面 21 a、21 b から出射するレーザ光  $L_B$  について、図 10 を用いて説明する。図 10 に矢印で示すように、光圧ミキサ 20 の上面に入射したレーザ光  $L_B$  は、光圧ミキサ 20 の突出部 21 の各側面 21 a、21 b から出射する。その際にも、前述と同様に、該各側面 21 a、21 b に対して垂直方向に光圧による力が発生する。すなわち、レーザ光  $L_B$  が光圧ミキサ 20 の突出部 21 の側面 21 a から出射する際には、該側面 21 a の表面で屈折して光圧による力  $f_2$  が生じ、レーザ光  $L_B$  が側面 21 b から出射する際には、該側面 21 b の表面で屈折して光圧による力  $f_3$  が生じる。なお、側面 21 c は、回転軸  $O$  を含む平面と同一面となるものであるから、該側面 21 c からレーザ光  $L_B$  は出射しないので、光圧による力は該側面 21 c には生じない。光圧ミキサ 20 の他の突出部 21 についても同様に光圧による力が発生し、その結果、前記力  $f_3$  が光圧ミキサ 20 を時計方向（図 10 の矢印方向）に回転するトルク力となって、光圧ミキサ 20 を回転軸  $O$  を軸線として回転させる。一方、前記力  $f_2$  は、光圧ミキサ 20 の回転軸  $O$  に対してほぼ法線方向のものであるので、光圧ミキサ 20 の回転にはほとんど関与しない。

【0031】このように、光圧ミキサ 20 にレーザ光  $L_B$  を照射することにより、光圧ミキサ 20 を回転させることができるが、このレーザ光  $L_B$  の照射は、例えば図 11 に示すような装置を用いて行われる。該装置 40 は、光学顕微鏡 41 に、レーザ発振器 42、CCD カメラ 43、モニタ 44 が設けられたもので、マイクロ分析チップ 100 は光学顕微鏡 41 のステージ 410 に載置される。レーザ発振器 42 により発生したレーザ光  $L_B$  は、焦点微調整用レンズ 420 を介して光学顕微鏡 41 の内部に入射され、ダイクロイックミラー 411 によりステージ 410 の方向へと反射される。反射されたレーザ光  $L_B$  は、対物レンズ 412 により集光されてステージ 410 上のマイクロ分析チップ 100 に照射される。一方、光学顕微鏡 41 の上方に配設された CCD カメラ 43 は、ステージ 410 上のマイクロ分析チップ 100 の映像を撮影する。この映像がモニタ 44 に映し出され、該映像を参照しながら光学顕微鏡 41 のステージ 410 の位置を調整して、レーザ光  $L_B$  がマイクロ分析チップ 100 の混合部 10 に配設された光圧ミキサ 20 に照射されるようにする。

【0032】このように、本マイクロ分析チップ 100 によれば、サンプル液と試薬液とを混合攪拌する混合部 10 に、レーザ光  $L_B$  を照射することにより生ずる光圧

を駆動力として回転する光圧ミキサ 20 を配設し、遠隔からレーザ光  $L_B$  を照射して回転させることにより、混合部 10 に流動（対流）を誘起してサンプル液と試薬液とを能動的に混合攪拌することができる。また、光圧ミキサ 20 を、マイクロ分析チップ 100 の基板 30 に積層した感光層 33 において、X 線照射及び現像等により、微小流路 4 及び混合部 10 とともに形成するようにしたので、微小流路 4 及び混合部 10 の寸法幅に対して精度よく、かつ、簡便に光圧ミキサ 20 を形成することができる。

【0033】以下、前記マイクロ分析チップ 100 の第 1 の変形例について説明する。本変形例に係るマイクロ分析チップ 100 a は、その混合部 11 に、光圧ミキサ 20 を退避させるための格納部 12 を設けた点以外は前記実施の形態と同様である。すなわち、図 12 に示すように、混合部 11 において、流出口 3 へ導通する微小流路 4 の近傍の左右両側に、光圧ミキサ 20 が出入できる大きさの格納部 12 が形成されたものである。本変形例に係るマイクロ分析チップ 100 a は、微量化学分析を行う場合には前記実施の形態と同様に用いられる。すなわち、流入口 2 a、2 b から注入されたサンプル液と試薬液とを攪拌する場合は、混合部 11 に配設された光圧ミキサ 20 にレーザ光  $L_B$  を照射して光圧ミキサ 20 を回転させて二液を混合攪拌する。

【0034】混合攪拌が完了した後、又は必要な微量化学分析が終了した後は、レーザ光  $L_B$  を照射することにより生ずるトラップ力を利用して、光圧ミキサ 20 を格納部 12 に格納する。この格納操作は、実施の形態において説明した装置 40 を用いた場合には、モニタ 44 でマイクロ分析チップ 100 a の映像を参照しながら、光学顕微鏡 41 のステージ 410 の位置を調整することにより行われる。

【0035】これにより、光圧ミキサ 20 は、必要な混合攪拌が終了した後は混合部 11 から撤収されるので、光圧ミキサ 20 が立体的障害となって微小流路 4 の液づまりが起ることを防止できる。また、分析終了後は、光圧ミキサ 20 を常に一定の場所に格納することができるので、光圧ミキサ 20 の幅寸法が微小流路 4 の幅寸法より小さいものであっても、分析終了後に微小流路 4 中に光圧ミキサ 20 が流出することがなく、マイクロ分析チップ 100 a を使用する際に、光圧ミキサ 20 を探す手間が省かれ、操作が容易なものとなる。また、光圧ミキサ 20 又は微小流路 4 の幅寸法を自由に設計することができる。

【0036】以下、前記マイクロ分析チップ 100 の第 2 の変形例について説明する。本変形例に係るマイクロ分析チップ 100 b は、その混合部 13 に出入する各微小流路 4 の出入口に、フィルタ 14 を設けた点以外は前記実施の形態と同様である。すなわち、図 13 に示すように、混合部 13 において、流入口 2 a、2 b 又は流出



口 3 と導通する微小流路 4 の出入口に、サンプル液及び試薬液を透過し、かつ、光圧ミキサ 20 を通過させないフィルタ 14 を密着させたものである。該フィルタ 14 は、サンプル液及び試薬液を透過し、かつ、光圧ミキサを通過させないものであれば、特にその形状及び材質は限定されるものではない。また、フィルタ 14 の形成は、例えば、実施の形態で説明した製造方法と同様の方法において、ポリメチルメタクリレートからなる感光層 33 に微小流路 4、混合部 13、及び光圧ミキサ 20 を形成する際に、同時に、混合部 13 における各微小流路 4 の出入口に縦方向の格子を形成するようにしても、また、微小流路 4 を形成した後に樹脂製のフィルタを密着するようにしてもよい。

【0037】これにより、光圧ミキサ 20 の幅寸法が微小流路 4 の幅寸法より小さいものであっても、分析終了後に光圧ミキサ 20 が微小流路 4 中に流出することがなく、マイクロ分析チップを使用する際に、光圧ミキサを採す手間が省かれ、操作が容易なものとなる。また、光圧ミキサ 20 又は微小流路 4 の幅寸法を自由に設計することができる。

【0038】なお、前記実施の形態においては、光圧ミキサ 20 の材質にポリメチルメタクリレートを用いたが、光圧ミキサ 20 の材質は光透過性を有し、混合すべき液体と屈折率が異なるものであれば、その他の透明樹脂やガラス等を用いることができる。また、光圧ミキサ 20 の形状は、互いに直交する水平四方向に突出部 21 が形成された横断面形状が略十字状のものとしたが、その回転軸 O を含む面で左右に分割した場合に、左右に位置する各突出部の形状が非対称となるように形成するものであれば、光圧ミキサの突出部を少なくして、二方向又は三方向にのみ突出するものとしても、逆に突出部を増やして六方向、八方向等に突出するものとしても前記と同様の効果を得ることができる。

【0039】また、前記実施の形態に係るマイクロ分析チップ 100 は、サンプル液又は試薬液を注入するための流入口 2a、2b と、サンプル液と試薬液との反応液を排出する流出口 3 とが設けられ、サンプル液又は試薬液が流通するための微小流路 4 が各流入口 2a、2b に対応して設けられ、かつ、混合部 10 において合流した後、流出口 3 へ導通されるものとしたが、流入口 2a、2b 及び流出口 3 の数は特に限定されるものではなく、例えば、分析に二試薬系の試薬を用いる場合には、サンプル液を注入する流入口、第 1 試薬を注入する流入口、第 2 試薬を注入する流入口の三つの流入口を設けたものとしてもよい。また、サンプル液と試薬液が反応する前に、第 1 試薬及び第 2 試薬を予め混合しておく必要がある場合には、第 1 試薬及び第 2 試薬が流通する微小流路を、混合部においてサンプル液が流通する微小流路と合流する前に、予め合流させるような構成としてもよい。さらに、排出すべき反応液の液量に応じて流出口の数を

増やし、混合部において合流した微小流路を測光等を行う検査領域より流出口側において再び分岐して、各流出口に導通するような構成としてもよい。

#### 【0040】

【発明の効果】以上説明したように、本発明に係るマイクロ分析チップによれば、微小流路が合流する混合部に、光照射により生ずる光圧を駆動力として回転する光圧ミキサが配設されたので、レーザ光等が照射された光圧ミキサは、混合部において回転し、サンプル液及び試薬液に対流を誘起して、二液を能動的かつ直接に混合攪拌する。これにより、サンプル液と試薬液との混合効率を飛躍的に増大して反応速度を向上し、マイクロ分析チップによる微量化学分析を効率的なものとする事ができる。

【0041】また、本発明によれば、前記光圧ミキサは、マイクロ分析チップの基板上に積層された光透過性を有する層において、前記微小流路及び混合部とともに形成されたものとしたので、マイクロ分析チップの混合部に光圧ミキサを精度よく、かつ、簡便に配置することができる。

【0042】また、本発明によれば、前記光圧ミキサは、その幅寸法が前記微小流路の幅寸法より大きいものとしたので、光圧ミキサが微小流路に流出することがない。これにより、マイクロ分析チップを使用する際に、光圧ミキサを採す手間が省かれ、操作が容易なものとなる。

【0043】また、本発明によれば、前記混合部に、前記光圧ミキサを格納するための格納部が設けられたので、前記と同様に、マイクロ分析チップを使用する際に、光圧ミキサを採す手間が省かれ、操作が容易なものとなる。また、光圧ミキサ又は微小流路の幅寸法を自由に設計することができる。

【0044】また、本発明によれば、前記混合部に出入する各微小流路の出入口に、サンプル液及び試薬液を透過するフィルタが設けられたので、前記と同様に、マイクロ分析チップを使用する際に、光圧ミキサを採す手間が省かれ、操作が容易なものとなる。また、光圧ミキサ又は微小流路の幅寸法を自由に設計することができる。

【0045】また、本発明に係るマイクロ分析チップの製造方法によれば、基板上に犠牲層を積層した後、フォトリソグラフィにより、混合部が形成される位置に転写された光圧ミキサの形状と略同形の部分以外の犠牲層をエッチングして除去する第 1 の工程と、前記光圧ミキサと略同形状の犠牲層が形成された基板上に、光透過性を有する感光層を積層した後、微小流路、混合部、及び光圧ミキサの形状をパターンニングした第 1 のマスクを通して X 線又は紫外線を照射することにより、該感光層に微小流路、混合部、及び光圧ミキサの形状を転写し、微小流路及び混合部となる部分の感光層のみをエッチングして除去する第 2 の工程と、感光性を有するカバーの下面



に、微小流路及び混合部の形状をパターンニングした第2のマスクを通してX線又は紫外線を照射することにより、該下面に微小流路及び混合部の形状を転写し、微小流路及び混合部となる部分をエッチングして除去するとともに、カバーを穿通する流入口及び流出口を形成し、該カバーの下面と前記基板の感光層の上面とを、両者に形成された微小流路及び混合部の形状が一致するように接着する第3の工程と、前記流入口又は流出口からエッチングガス又はエッチング液を注入し、前記犠牲層をエッチングして除去する第4の工程とを有するものとしたので、前記マイクロ分析チップを簡便かつ高精度に製造することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態に係るマイクロ分析チップ100の構成を示す概略斜視図である。

【図2】混合部10の詳細な構成を示す平面図である。

【図3】光圧ミキサ20の詳細な構成を示す概略斜視図である。

【図4】マイクロ分析チップ100の製造方法における第1の工程を示す模式図である。

【図5】マイクロ分析チップ100の製造方法における第2の工程を示す模式図である。

【図6】X線照射のエネルギー量と加工深さとの関係を示す図である。

【図7】マイクロ分析チップ100の製造方法における第3の工程を示す模式図である。

【図8】マイクロ分析チップ100の製造方法における第4の工程を示す模式図である。

【図9】光圧により光圧ミキサ20に生ずる力 $f_1$ を示す断面図である。

【図10】光圧により光圧ミキサ20に生ずる力 $f_2$ 及び力 $f_3$ を示す平面図である。

【図11】マイクロ分析チップ100にレーザ光LBを\*

\*照射する装置40の構成を示す模式図である。

【図12】本発明の第1の変形例に係るマイクロ分析チップ100aの混合部11の詳細な構成を示す平面図である。

【図13】本発明の第2の変形例に係るマイクロ分析チップ100bの混合部13の詳細な構成を示す平面図である。

【図14】従来のマイクロ分析チップ1の構成を示す概略斜視図である。

【図15】従来のマイクロ分析チップ1のA-A断面を示す断面図である。

【図16】ノズルタイプの混合攪拌機構50の構成を示す平面図である。

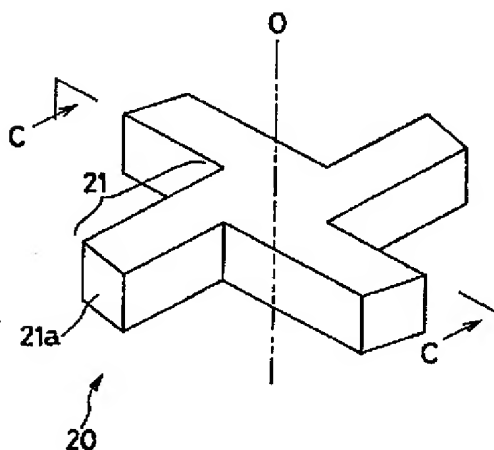
【図17】ノズルタイプの混合攪拌機構50の構成を示す断面図である。

【図18】PZTを用いた混合攪拌機構52の構成を示す断面図である。

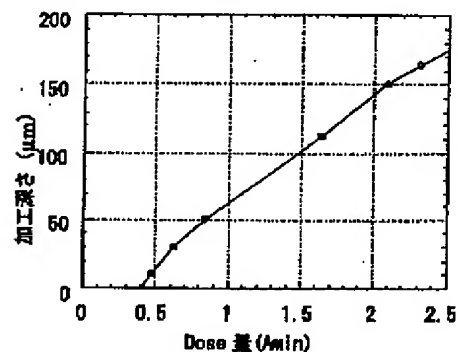
#### 【符号の説明】

- 10、11、13 混合部
- 100 マイクロ分析チップ
- 12 格納部
- 14 フィルタ
- 2a、2b 流入口
- 20 光圧ミキサ
- 3 流出口
- 30 基板
- 31 犠牲層
- 33 感光層
- 34 第1のマスク
- 35 カバー
- 36 第2のマスク
- 4 微小流路

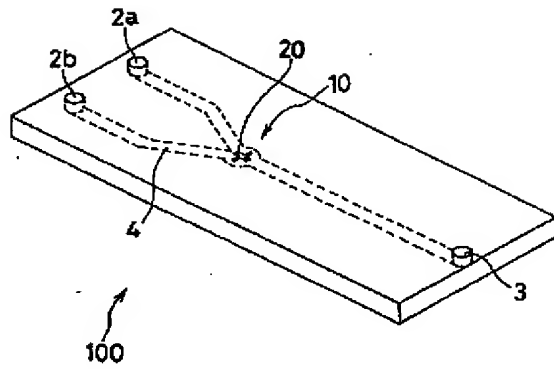
【図3】



【図6】

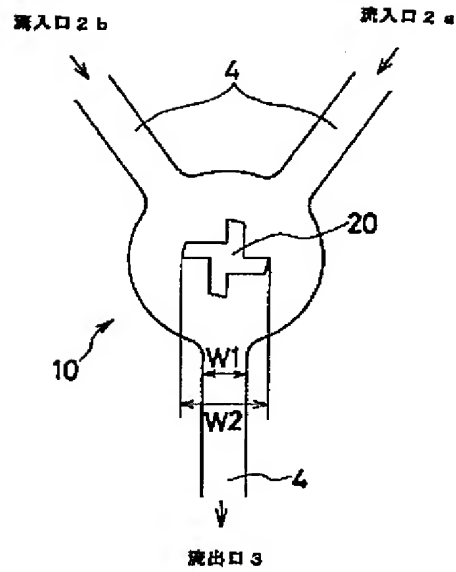


【図1】

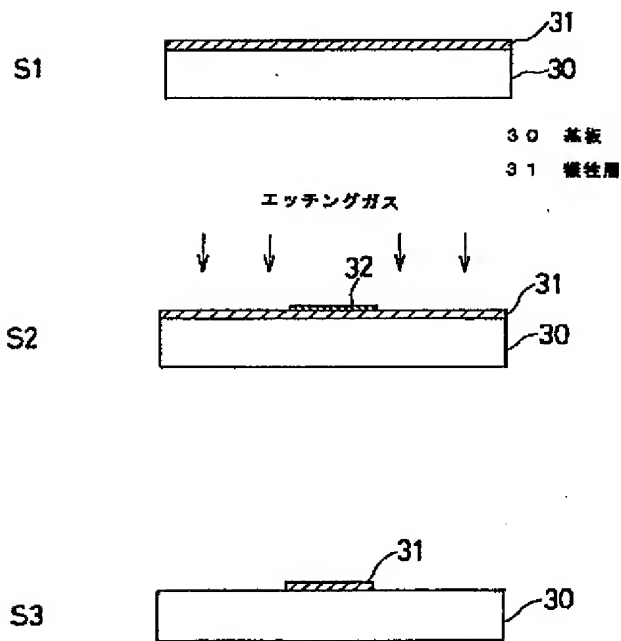


100 マイクロ分析チップ  
 10 混合部  
 2a、2b 流入口  
 20 光圧ミキサ  
 3 流出口  
 4 微小流路

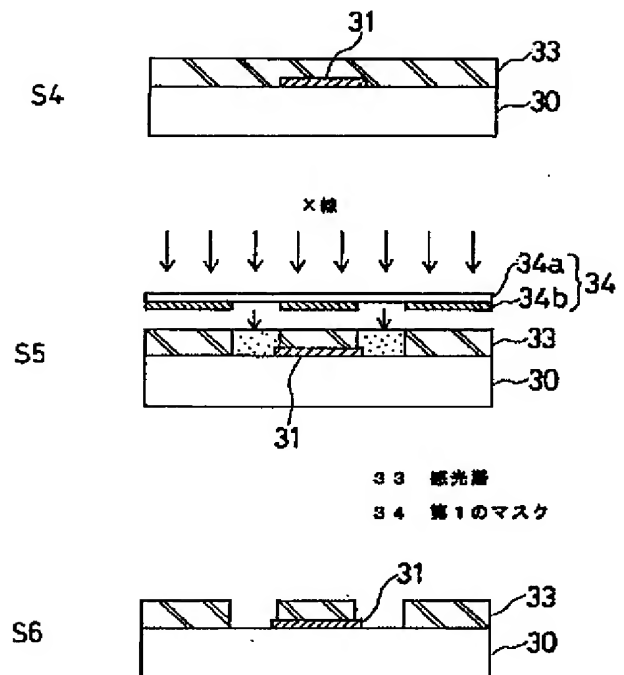
【図2】



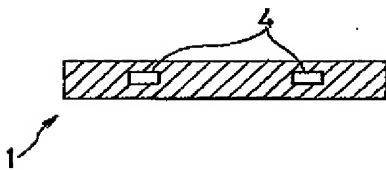
【図4】



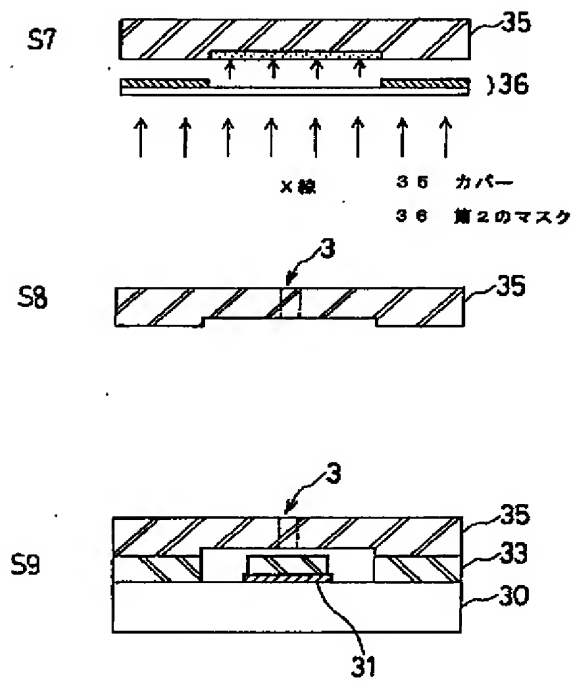
【図5】



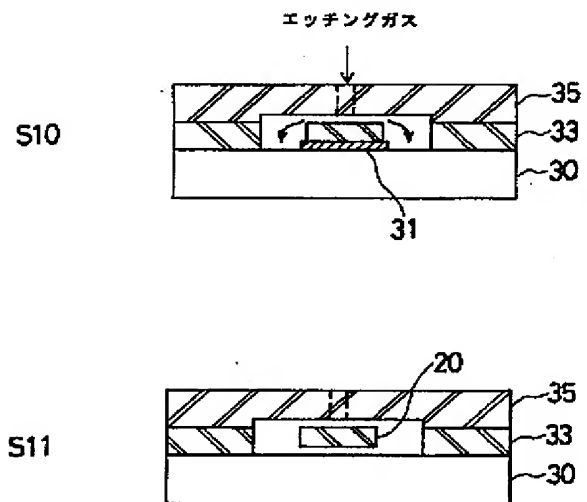
【図15】



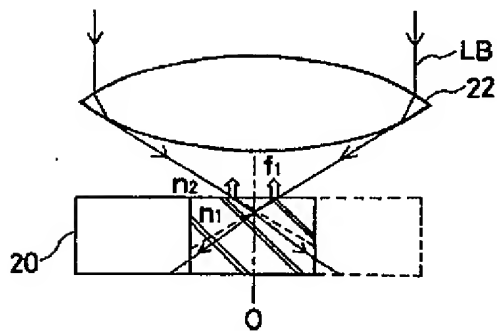
【図7】



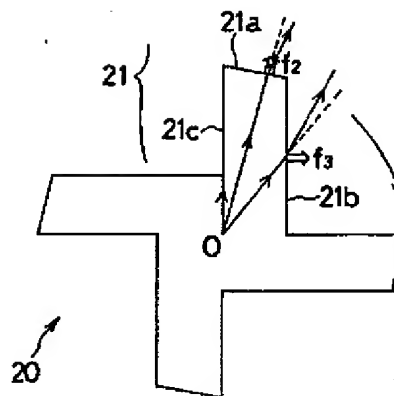
【図8】



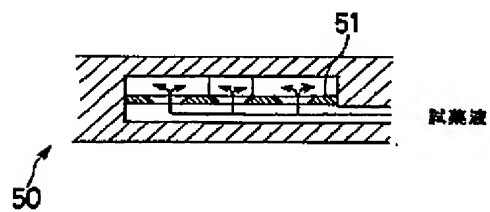
【図9】



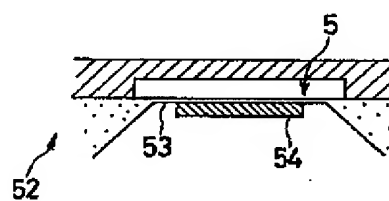
【図10】



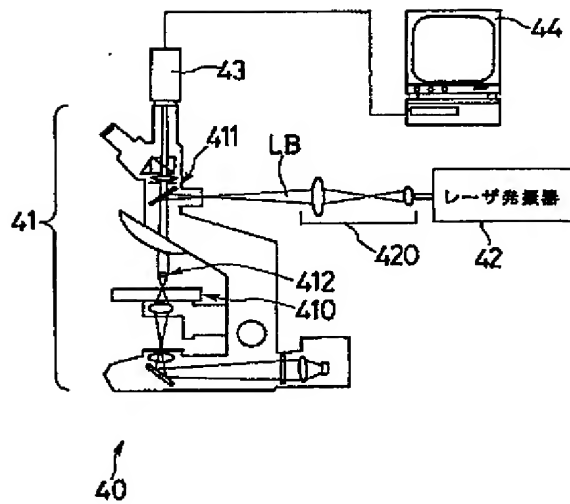
【図17】



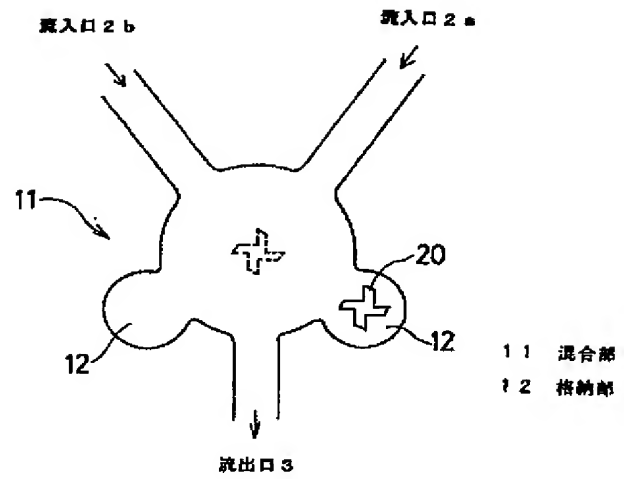
【図18】



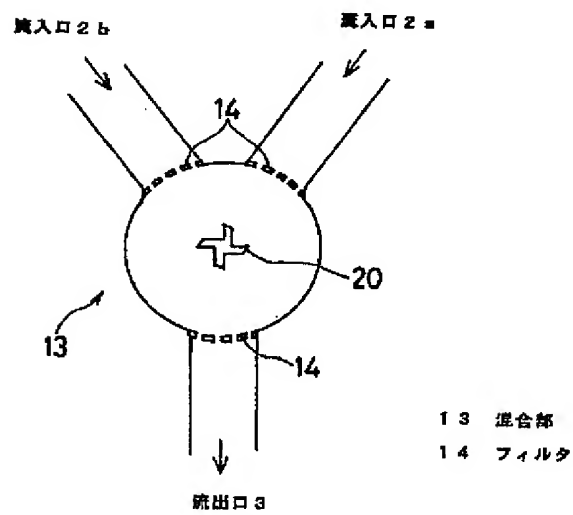
【図11】



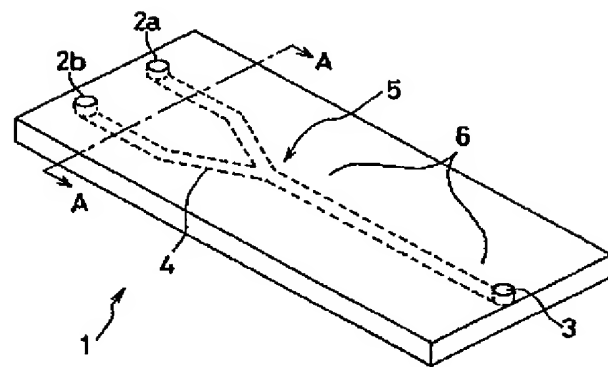
【図12】



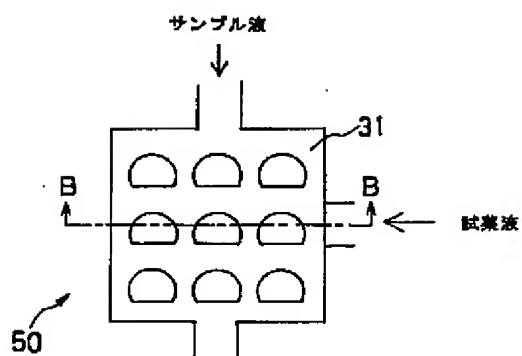
【図13】



【図14】



【図16】



フロントページの続き

(72)発明者 大上 芳文  
滋賀県草津市野路東1-1-1 立命館大  
学 びわこ・くさつキャンパス 理工学部  
内

(72)発明者 小西 聡  
滋賀県草津市野路東1-1-1 立命館大  
学 びわこ・くさつキャンパス 理工学部  
内

Fターム(参考) 2G045 FA16 GC10 GC15 HA05  
2G058 CC00 CC05 CC14 DA09 EA02  
EA04 EB01 FA08